

松辽流域水文设计成果修订研究

陈 宝, 马雪梅

(松辽水利委员会水文局(信息中心), 吉林 长春 130021)

摘 要:受自然和人类活动影响,松辽流域水文成果发生较大变化。原有松辽流域径流系列至 2000 年,洪水系列仅至 1998 年,流域现有水文设计成果已经不能反映流域目前的水文情势。松辽水利委员会根据《松辽流域水文设计成果修订任务书》的要求,开展松辽流域水文设计成果修订工作,对松花江和辽河流域总面积 $78.23 \times 10^4 \text{ km}^2$ 范围内选定的 63 个水文站和工程点进行水文设计成果复核,将系列延长至 2010 年(其中黑龙江、松花江、浑河流域延长至 2013 年),分别进行设计径流及设计洪水成果复核,分析得出 10 多年来松辽流域水文成果的变化结论,提出推荐采用的水文成果,为流域水资源管理和防洪减灾提供技术依据。

关键词:松辽流域;水文成果修订;设计径流;设计洪水

中图分类号:TV122

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2019)03-0087-05

1 前言

受自然和人类活动等影响,松辽流域水文成果发生较大变化,现有水文设计成果已经不能反映流域目前的水文情势。为了分析和掌握松辽流域水文情势变化规律,适应流域防洪减灾、水资源配置等建设和管理的要求,松辽水利委员会开展了《松辽流域水文设计成果修订》工作。2016 年 8 月,松辽水利委员会将《松辽流域水文设计成果修订报告》(松辽规计[2016]175 号文)报送水利部,水利部水利水电规划设计总院于 2016 年 12 月 18-20 日在北京召开会议,对《松辽流域水文设计成果修订报告》进行了审查。

2 水文设计成果修订任务及工作内容

松辽流域水文设计成果修订范围为松花江和辽河流域,总面积 $78.23 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。其中松花江流域包括嫩江、第二松花江和松花江干流,面积为 $56.12 \times 10^4 \text{ km}^2$;辽河流域包括西辽河、东辽河、辽河干流、浑太河流域,面积为 $22.11 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。在《松辽流域水资源总体规划》、《松花江流域防洪规划》和《辽河流域防洪规划》选用的水文站和工程点基础上,选择松辽流域主要江河干流控制站和重要支流把口水文站以及重要的大型拦河工

程坝址,进行径流和洪水设计成果修订。松辽流域共选用站点 63 处,包括水文站 50 处,工程点 13 处。其中,松花江流域选用站点 32 处,包括水文站 28 处,工程点 4 处;辽河流域选用站点 31 处,包括水文站 22 处,工程点 9 处。延长水文资料系列至 2010 年(或 2013 年),进行水文系列可靠性、一致性、代表性分析;复核、修订松辽流域(各省区)主要江河干流及主要支流控制性水文站以及大型拦河水利工程坝址处设计径流、设计洪水成果。

3 流域自然地理概况

松辽流域位于我国东北部,泛指东北地区的松花江、辽河、沿黄渤海诸河及跨界河流(中国侧)流域,其地理位置为东经 $115^{\circ}32' \sim 135^{\circ}06'$ 、北纬 $38^{\circ}43' \sim 53^{\circ}34'$ 。松辽流域西北部邻接蒙古人民共和国及我国内蒙古自治区锡林郭勒盟,西南部与河北省毗连,北部和东北部以额尔古纳河、黑龙江干流和乌苏里江与俄罗斯分界,东部隔图们江、鸭绿江与朝鲜民主主义人民共和国相望,南濒渤海和黄海。松辽流域包括黑龙江、吉林、辽宁三省和内蒙古自治区东部三市一盟及河北省承德市的一部分,总面积 $124.89 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。本次水文设计成果修订范围为松花江和辽河流域,总面积 $78.23 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。

收稿日期:2017-12-10

作者简介:陈宝(1961-),男,辽宁北票人,本科,教高,主要研究方向为水文水资源。E-mail:cb@slwr.gov.cn

通讯作者:马雪梅(1974-),女,内蒙古赤峰人,硕士,教高,主要研究方向为水文水资源。E-mail:151215735@qq.com

松花江流域地处我国东北地区的北部,位于东经 $119^{\circ}52' \sim 132^{\circ}31'$ 、北纬 $41^{\circ}42' \sim 51^{\circ}38'$ 之间,东西宽约 920km,南北长约 1 070km。有南北两源,北源嫩江发源于内蒙古自治区大兴安岭伊勒呼里山,南源第二松花江发源于吉林省长白山天池,两江在三岔河汇合后始称松花江,东流到黑龙江省同江市注入黑龙江。流域西部以大兴安岭为界,东北部以小兴安岭为界,东部与东南部以完达山脉、老爷岭、张广才岭、长白山等为界,西南部的丘陵地带是松花江和辽河两流域的分水岭。行政区涉及内蒙古、吉林、黑龙江和辽宁四省区,流域面积为 $56.12 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。

辽河发源于河北省境内七老图山脉的光头山,流经河北省、内蒙古自治区、吉林省、辽宁省,全长 1 345km。辽河流域位于东经 $116^{\circ}54' \sim 125^{\circ}32'$ 、北纬 $40^{\circ}30' \sim 45^{\circ}17'$ 之间的东北地区西南部,东邻第二松花江、鸭绿江流域,西邻内蒙古高原,南邻滦河、大凌河流域及渤海,北邻松花江流域,流域总面积 $22.11 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。

松辽流域地貌的基本特征是西、北、东三面环山,南濒渤海和黄海,中、南部形成宽阔的松嫩平原和辽河平原,东北部为三江平原,东部为长白山系,西南部为七老图山和努鲁儿虎山,大、小兴安岭屏峙于本流域的西北部 and 东北部,中部为松花江和辽河分水岭的低丘冈地。

4 基本资料

在本次选用的站点中有 41 个站点为松辽流域水资源调查评价选定站点,天然径流系列均为 1956~2000 年共计 45 年,本次补充增加了 22 个站点。在原有工作基础上,采用与松辽流域水资源调查评价阶段相同的方法进行径流还原和插补延长,对于新增站点,考虑水利工程的蓄、引及各业用水、回归水资料,对径流进行还原,并进行干支流、上下游和地区间的综合平衡分析,检查其合理性。对缺测年份进行插补延长。

本次选用的站点中有 54 个站点为松花江、辽河流域防洪规划阶段选定站点,其中松花江流域 27 处,洪水系列至 1998 年;辽河流域 27 处,洪水系列至 1995 或 1996 年,本次补充增加了 9 个站点。在原有工作基础上,采用与防洪规划相同的方法进行洪水系列还原和插补延长,对于新增站点,为使水库下游各站水文资料基础统一,考虑上游水利工程影响,对实测资料进行还原,即还原到无水库影响的天然流量,并对缺测年份

进行插补延长。

5 径流成果复核

5.1 径流特性

松辽流域河流的补给来源包括有雨水、融雪水、地下水,一般以雨水补给为主,年径流深的地区分布与年降水量的分布基本相应,但地区分布的不均匀性比降水量更加显著。松辽流域年径流地区分布从东部、北部和南部向中部和西部逐渐减少。松花江流域多年平均径流深为 146mm,较辽河流域 130mm 高。松花江流域的第二松花江流域径流深最高为 224mm,辽河流域的西辽河径流深仅为 21.9mm。松辽流域河川径流丰枯交替的多年变化,除了受降水丰枯交替多年变化的影响外,还受地形、植被等下垫面因素的影响,所以径流的年际变化较降水要剧烈。松花江西部的部分地区极值比一般在 10~20 倍,辽河干流极值比一般在 10~15 倍,东辽河由于集水面积较小而极值比偏高,在 30 倍左右^[1-2]。

5.2 径流系列的一致性

将松辽流域 1956~2010 年 55 年系列划分为 1956~2000 年和 2001~2010 年两个年段,分别点绘年降水-年径流相关图,分析径流系列的一致性。选取松花江流域呼兰河兰西水文站和蚂蚁河莲花水文站,辽河流域西辽河赤峰水文站、浑河大伙房水库、邢家窝堡及太子河唐马寨水文站,点绘面平均年降水量与天然年径流的相关图,经对 1956~2000 年与 2001~2010 年降水径流相关关系进行分析,几个代表站 1956~2010 年的降水-径流关系稳定,年降水量与天然年径流的一致性相关较好,本次水文设计成果修订可不进行一致性修正^[3]。

5.3 径流系列的代表性分析

选择资料系列较长,能够反映本流域水文特性的测站为代表站分析径流系列的代表性。选取了松花江流域的丰满、尼尔基、哈尔滨站,辽河流域的铁岭、王奔、赤峰、麦新站,依据各站建站以来的长系列降水、径流资料,采用差积曲线、滑动平均曲线、不同系列段参数分析等方法论证年径流系列的代表性。通过分析,松辽流域各水文站 1956~2010 年系列包含了两个较完整的丰枯水周期,具有明显的丰、平、枯交替变化的特点,较 1956~2000 年系列具有更好的代表性,可以作为此次径流成果复核的系列代表段。

5.4 径流成果分析

对 63 个水文站、工程点 1956~2010 年 55 年系列进行频率计算,依据 $p=m/(n+1)$ 计算经验频率,采用 P-Ⅲ型频率曲线适线, C_s/C_v 根据地区规律采用。用矩法初估年径流参数,根据适线情况综合分析确定年径流参数。

2000 年以来,松辽流域进入平枯水期,降水量减少,河川径流量较 2000 年前明显减小,流域中西部地区尤其明显。由于枯水时段加入等因素影响,延长径流资料系列后,原有水文设计成果必然发生不同程度的变化。

经对比分析,松辽流域 55 年系列均值较 45 年系列均值平均减少 5.37%,其中松花江流域减少 4.52%,辽河流域减少 6.25%。松花江流域中,嫩江减少 6.66%,第二松花江增加 0.48%,松花江干流减少 4.80%。辽河流域中,西辽河减少 11.11%,东辽河减少 8.83%,辽河干流减少 7.00%,浑河太子河增加 0.77%。经对流域上下游、干支流、以及和临近流域成果对比分析,本次径流成果是合理的,推荐采用本次径流计算成果,即采用 1956~2010 年系列设计径流成果。

6 洪水成果复核

6.1 暴雨洪水特性

暴雨是形成松辽流域洪水的主要因素,暴雨成因有冷锋、气旋、蒙古低压、贝加尔湖低压、台风等天气系统。流域性大暴雨主要是由台风、高空槽、华北气旋、低压冷锋、冷涡、静止锋、江淮气旋等天气系统造成,雨区笼罩面积较小,一次暴雨 200mm 雨量等值线最大范围 $1.8 \times 10^4 \text{ km}^2$,往往只能笼罩一条主要河流或几条支流。

松花江流域的洪水由暴雨产生,多发生在 7~9 月,少数发生在 5、6 月份或 10 月份。嫩江、松花江干流洪水一般为单峰型洪水,洪水过程比较平缓。第二松花江暴雨出现频繁,年内可能出现 2~3 次洪峰,个别年份可能出现 4~5 次洪峰。松花江流域一次洪水历时,较大支流一般为 20~30d,第二松花江和嫩江为 40~60d,松花江干流可达 90d 左右。松花江流域由一次暴雨产生大洪水的年份很少,大部份是由地区性的洪水汇合而成。哈尔滨站洪水由嫩江、第二松花江和拉林河洪水组成^[4]。

辽河流域的洪水由暴雨产生,受暴雨特性的制约,洪水有 80%~90% 出现在 7、8 月份,尤以 7 月下旬至 8 月中旬为最多。由于暴雨历时短,雨量集中,各主要支

流老哈河、东辽河、清河、柴河、泛河、浑河、太子河、柳河等又多流经山区和丘陵区,汇流速度快,故洪水多呈现陡涨陡落的特点,一次洪水过程不超过 7d,主峰在 3d 之内。由于暴雨系统有时连续出现,使一些年份的洪水呈现双峰型,双峰历时一般在 13d 左右,两峰间隔 3~4d^[4]。

6.2 历史洪水及近期实测大洪水

2000 年以来,松辽流域先后发生了 2005 年、2010 年、2011 年、2013 年大洪水。

2005 年 8 月 12~14 日,受高压切变线和副热带高压的共同影响,辽河流域出现暴雨到大暴雨,降水给辽河流域部分地区造成了严重的洪涝灾害,浑河发生了 1949 年以来第二位洪水,辽河、太子河发生了 1995 年以来的最大洪水。

2010 年汛期受高空槽、冷涡、切变和副高后部西南暖湿气流共同影响,在东辽河、辽河干流、鸭绿江、图们江、第二松花江上游等地发生强降雨过程,受降雨影响,上述地区发生超警、超保、超历史洪水。第二松花江星星哨、白山、丰满水库均发生了超 100 年一遇的特大洪水。辽河支流清河开原水文站水位和流量列有实测记录以来第 1 位和第 5 位。浑河上游支流苏子河占贝水文站水位流量均列有记录以来第 1 位;干流大伙房水库发生 1995 年以来最大洪水,重现期超过 20a。西拉木伦河支流少冷河乌丹水文站发生有记录以来最大洪水。牡丹江上游敦化水文站发生 1952 年有实测资料以来第 1 位洪水。

2011 年 7 月中旬,受东北冷涡和西南暖湿气流共同影响,西辽河流域多条支流发生洪水,其中西拉木伦河发生中等以上洪水,大板水文站发生 45 年一遇洪水;乌力吉木仁河发生超历史洪水,支流胜利河鲁北水文站发生历史最大洪水,洪峰重现期约为 100 年。

2013 年汛期,嫩江上游、浑河上游发生超 50 年一遇特大洪水;第二松花江上游发生超 20 年一遇大洪水。

20 世纪 60 年代以来,东北勘测设计院、各省(区)水利水电勘测设计院及水文局,在历次流域规划及大中型水利水电工程设计过程中,对松花江、辽河流域干、支流大洪水进行过多次野外调查、文献考证及整编,对各主要控制站的大洪水都进行了排位及重现期分析。本次水文成果修订,在以上历次设计成果的基础上,补充了 2005 年、2010 年、2011 年和 2013 年等

实测洪水,重新核定了各站历史洪水及实测大洪水的排位及重现期。

6.3 洪水系列还原及插补延长

按照防洪规划和既往工程设计相同方法,进行洪水系列还原计算,并对缺测年份进行插补延长,将洪水系列统一延长至2010年(或2013年)。对于防洪规划以来,水文站点上游有新建成的引、蓄水工程,考虑工程引蓄水影响进行水文站点洪水系列的还原计算。

6.4 洪水成果分析

按照年最大值选样原则,统计63个站点至2010年(2013年)天然洪峰、洪量系列。根据上述各站插补延长后的天然洪水资料和历史洪水调查资料,采用P-Ⅲ型理论频率曲线配线,按矩法初估,适线最佳的原则确定洪水参数值,其中 C_s/C_v 考虑地区规律,采用与防洪规划或历次设计相同的值。

经复核,在松花江、辽河流域防洪规划中选用的54个站点中,49个站点与防洪规划审定成果相比,大部分站点设计洪水成果有所减少,少数站点增加幅度在5%以内,因此这些站点仍采用防洪规划审定成果。松花江、辽河流域防洪规划编制完成后,流域内各省(区)陆续开展了一系列大中型水利水电工程和专项治理工程勘察设计工作,并通过了上级主管部门技术审查,个别站点设计洪水成果发生了变化。经与历次审查成果进行比较,在防洪规划采用站点中,呼兰河兰西站设计洪峰流量采用《呼兰河流域治理可研报告》审定成果,老哈河甸子站设计洪峰流量采用《内蒙古辽河流域老哈河(含英金河重点治理段)治理工程可行性研究报告》审定成果,英金河赤峰站采用《内蒙古赤峰市三座店水利枢纽工程可行性研究报告》审定成果,清河水库采用《清河水库除险加固初步设计报告》审定成果,柴河水库采用《柴河水库除险加固工程初步设计报告》审定成果。

本次在防洪规划基础上增加的9个站点中,辉发河五道沟站的设计洪峰流量、饮马河德惠站和伊通河农安站的设计洪水成果,分别在辉发河流域防洪规划、石头口门水库保坝设计和伊通河流域重点段治理可研中进行计算,并通过了审查,本次复核成果与原审定成果相差不大,故仍采用原成果;五道沟站的设计洪量采用本次计算成果。辽河干流辽中站、柳河新民站、浑河邢家窝棚站和太子河唐马寨站设计洪水采用本次计算成果。经系列延长并加入2010、2013年特大洪水后,白山水库设计洪水成果和丰满水库设计洪峰流量较原审

批成果增大10%左右,从安全角度出发,白山水库设计洪水成果和丰满水库设计洪峰流量推荐采用本次计算成果。

7 结语

本次松辽流域水文设计成果修订工作,依据《松辽流域水文设计成果修订任务书》的要求组织和开展,对松花江、辽河流域中选定的63个水文站及工程点的径流和洪水系列进行延长,并对径流和洪水参数进行了复核,复核成果考虑了近些年的径流和洪水变化情况,尤其是充分考虑了近期大洪水对各水文站设计洪水成果的影响,对了解和掌握松辽流域径流洪水特性,开展松辽流域水资源管理、流域防汛减灾等工作都具有重要的意义。

本次水文设计成果修订径流成果(1956年~2010年55年系列成果)与水资源调查评价阶段成果(1956年~2000年45年系列成果)相比,松辽流域55年系列均值较45年系列均值平均减少5.37%。经对63个水文站、工程点径流成果进行对比分析后,1956年~2010年系列计算的径流成果合理,能够代表流域的径流特性,故推荐采用1956~2010年系列的设计径流成果。

对63个水文站、工程点增加2005、2010、2011、2013年大水后,对设计洪水成果进行了复核。经与历次审查成果进行比较,防洪规划采用站点中,兰西站、甸子站、赤峰站、清河水库和柴河水库采用新的审定成果^[6],其他49个站点仍采用防洪规划审定成果。本次较防洪规划增加的9个站点中,五道沟的设计洪峰流量、德惠和农安站的设计洪水成果仍采用原审定成果^[7],五道沟的设计洪量采用本次计算成果。辽中、新民、邢家窝棚和唐马寨设计洪水采用本次计算成果。经系列延长后,白山设计洪水成果和丰满设计洪峰流量较原审批成果^[8]增大10%左右,从安全角度出发,白山设计洪水成果和丰满设计洪峰流量采用本次计算成果。

通过本次工作可以看出,系列代表性分析及系列代表段选取,对水文设计成果影响甚大,因此,在流域规划和水利水电工程设计中,应加强对水文系列代表性的分析研究,使选用的水文系列更能反映流域水文特性,水文成果更好地为流域水资源管理、防洪减灾和工程管理提供技术依据。

参考文献:

- [1] 水利部松辽水利委员会. 松花江流域综合规划 [R]. 2012. (Songliao Water Resources Commission, Ministry of Water Resources. The

- integrated plan of the Songhuajiang River basin [R]. 2012. (in Chinese))
- [2] 水利部松辽水利委员会. 辽河流域综合规划 [R]. 2012. (Songliao Water Resources Commission, Ministry of Water Resources. The integrated plan of the Liaohe River basin [R]. 2012. (in Chinese))
- [3] 水利部松辽水利委员会. 松辽流域水资源调查评价 [R]. 2006. (Songliao Water Resources Commission, Ministry of Water Resources. The water resources investigation and evaluation of the Songliao River basin [R]. 2006. (in Chinese))
- [4] 水利部松辽水利委员会. 松花江流域防洪规划 [R]. 2008. (Songliao Water Resources Commission, Ministry of Water Resources. The flood control plan of the Songhuajiang River basin [R]. 2008. (in Chinese))
- [5] 水利部松辽水利委员会. 辽河流域防洪规划 [R]. 2008. (Songliao Water Resources Commission, Ministry of Water Resources. The flood control plan of the Liaohe River basin [R]. 2008. (in Chinese))
- [6] 内蒙古自治区水利水电勘测设计院. 内蒙古赤峰市三座店水利枢纽工程可行性研究报告 [R]. 2004. (Inner Mongolia Water Resources and Hydropower Survey and Design Institute. The feasibility study report on the three store water conservancy project in Chifeng City of Inner Mongolia Autonomous Region [R]. 2004. (in Chinese))
- [7] 吉林省水利水电勘测设计研究院. 吉林省辉发河流域防洪规划报告 [R]. 2000. (Jilin Water Resources and Hydropower Survey and Design Institute. The flood control plan of Huifaha River basin in Jilin Province [R]. 2000. (in Chinese))
- [8] 中水东北勘测设计研究有限责任公司. 白山、丰满水库防洪联合调度设计洪水复核报告[R]. 2002. (China Water Northeastern Investigation, Design & Research Co., Ltd. The design flood revision of the joint operation of flood control at Baishan and Fengman reservoirs [R]. 2002. (in Chinese))

Revision of Hydrological Design Results for Songliao Basin

CHEN Bao, MA Xuemei

(Hydrology Bureau (Information Center) of Songliao Water Resources Commission, Jilin 130021, China)

Abstract: Under the influence of natural and human activities, the hydrological results of the Songliao basin have greatly changed. The original runoff series in the Songliao Basin was made to the year of 2000 while the flood series was only made to the year of 1998. The current hydrological design results of the basin have not been able to respond to the ongoing hydrological situation in the basin. The Songliao Water Resources Commission, in accordance with the requirements of the revision of the hydrological design results for the Songliao basin, has carried out the revision of the hydrological design results for the Songliao basin and rechecked the hydrological design results of the 63 hydrometry stations and engineering points selected in the Songliao Basins, and the series were extended to the year of 2010 (the series for the river basins of Heilongjiang, Songhuajiang and Hunjiang were extended to the year of 2013). The design runoff and design flood results were reviewed respectively, and the changes of hydrological results in the Songliao basin over the past 10 years were analyzed.

Key words: Songliao basin; revision of hydrologic results; design runoff; design flood

(上接第 62 页)

Discussion on Southern Boundary of Nandong Underground River System

HU Wei, LV Yuxiang, GUO Chuandao, DENG Fei, WANG Kefeng

(Hydrogeology & Engineering Team 208, Chongqing Bureau of Geological Exploration (Chongqing Reconnaissance and Design Academy of Geological Disasters Prevention and Treatment Engineering), Chongqing 400700, China)

Abstract: The study on the division of karst water system is the basis of water balance analysis and water resource evaluation. The Nandong underground river is one of the 4 super large underground river systems in southern China. Its hydrogeological conditions are complex and its exploitation potential are also tremendous. Due to the existence of deep grooves in Tertiary in the Mengzi basin of the Nandong underground river system, the groundwater level in this area is higher than that of the north and south sides, and some studies suggest that the water resistance zone is the southern boundary of the Nandong underground river. Through the further collection of hydrogeological and geothermal drilling data inside and outside of the basin, field investigation, cave detection and tracing test, this paper found that the deep grooves do not block deep groundwater, and the southern boundary of Nandong underground river system should be moved to the southern surface watershed area. The groundwater flow in the Mengzi basin and the South should be from south to north as a whole.

Key words: Nandong underground river system; southern boundary; runoff direction